

R006-65

Zoom meeting B : 11/4 PM1 (13:45-15:30)
14:45-15:00

電子温度と密度を測定する Thermal Noise Receiver のチップ化に向けた検討

#伊藤 友哉¹⁾, 小嶋 浩嗣²⁾, 栗田 怜³⁾, 頭師 孝拓²⁾

¹⁾京大 生存圏,²⁾京大・生存圏,³⁾京都大学 生存研

Evaluation of thermal noise spectra in unmagnetized and magnetized plasmas for development of future noise receiver

#Tomoya Ito¹⁾, Hirotsugu Kojima²⁾, Satoshi Kurita³⁾, Takahiro Zushi²⁾

¹⁾RISH, Kyoto Univ.,²⁾RISH, Kyoto Univ.,³⁾RISH, Kyoto Univ.

Observation of electron temperature and density by satellites is important to consider physical phenomena in space plasma. Various kinds of particle detectors have been installed to Japanese scientific satellites to measure these parameters. However, it is difficult to obtain the temperature and density of cold plasmas whose energies are below the spacecraft potential. On the other hand, in Europe, the plasma wave receiver called "thermal noise receiver" has been widely used to obtain the cold electron temperature and density from the spectral shape around the plasma frequency [1]. The thermal noise receiver is required to observe faint voltage fluctuations induced by thermal motion of the plasma. Thus the noise level of the receiver needs to be much lower than the voltage fluctuation. In order to reduce the noise level of the receiver, a low noise amplifier and a narrow band filter are essential, while use of the commonly-used amplifier and narrow band filter make the total size of the receiver large. The purpose of this research is to reduce the size of the thermal noise receiver by utilizing the ASIC technology so that the receiver can be installed to miniaturized spacecraft. In this paper, in order to consider the specifications required for future miniaturized thermal noise receiver, we derive the signal level of the thermal noise which is induced in the electric field antenna based on the theoretical and numerical analysis [2][3]. We assumed two kinds of plasma distribution; one is a single Maxwellian distribution and the other is two Maxwellian distributions consisting with "cold" and "hot" plasmas. For each case, we assumed that the magnetic field has a large influence (magnetized plasma, for example, the inner magnetosphere) [4], and the magnetic field has no influence (weak) (unmagnetized plasma, for example, the solar wind and the tail of the earth's magnetosphere) [5][6]. From the derived voltage spectra, the noise level required for the receiver is evaluated using the characteristics of the antenna. The assumed electric field antenna is a dipole type antenna traditionally used in Japan. From this result, we will discuss the design policy of the amplifier and filter that can be installed in the thermal noise receiver.

宇宙プラズマの衛星観測における計測パラメータとして電子温度、密度は物理現象を考える上で重要である。日本ではこれらのパラメータを計測する観測器として粒子観測器やラングミュアプローブを衛星に搭載し、測定している。ただし、粒子観測器から衛星の帯電ポテンシャル以下の cold 電子の温度や密度を求めることは難しい。一方、欧州中心にプラズマ波動観測器によって、プラズマ周波数や高域混成周波数付近のスペクトル構造から、電子温度、プラズマ密度を求める手法が開発されてきた[1]。プラズマ波動の分散関係とアンテナ特性を用いて電子温度、密度を求めるこの手法は、衛星が与える周辺プラズマの変化に影響を受けにくく、他の測定器では観測することの難しい、cold プラズマのパラメータを求めることができる。このようなプラズマ波動観測器は Thermal Noise Receiver と呼ばれており、最近のミッションとしては、日欧協力で行われている水星探査衛星 BepiColombo のプラズマ波動観測器にフランスから提供されたコンポーネントとして搭載されているが、我が国で開発された例はない。Thermal noise receiver では、プラズマの熱的な動きが、電界アンテナに誘起する電圧を捉え、その周波数スペクトル構造から電子温度や密度を求めるため、非常に低いレベルのスペクトルまで観測する必要がある。そのため、その観測器のノイズレベルを十分に抑えなくてはならない。受信器のノイズレベルを抑えるために、低ノイズアンプ、狭帯域フィルタが必須となるがそのために、受信器の規模が大きくなってしまふ。このように大きなリソースを要求する受信器を、アナログ ASIC を用いて、小型化することを本研究の目的としている。まず、本稿ではチップに要求されるスペックを求めるため、理論と数値解析により、想定されるプラズマ状態において、電界アンテナに誘起される信号レベルを導出する[2]。想定されるプラズマの状態として 1 成分のマクスウェル分布電子プラズマ、2 成分のマクスウェル分布電子プラズマとしている。またそれぞれの状態に対して、磁場の影響が大きい場合(例えば内部磁気圏)[4]、磁場の影響がない(弱い)場合(例えば、太陽風、地球磁気圏尾部)[5][6]の計 4 つの場合を想定して算出する。算出した誘起電圧レベルから、アンテナの特性を用いて、受信器に要求されるノイズレベルを求め、アナログ ASIC の設計方針についての検討を行う。

References:

- [1] MAKSIMOVIC, M., et al., J. Geophys. Res., 100.A10: 19881-19891, 1995.
- [2] SCHIFF, M. L., Radio Science, 5.12: 1489-1496, 1970.
- [3] SENTMAN, D. D., J. Geophys. Res., 87.A3: 1455-1472, 1982.
- [4] MEYER - VERNET, N., J. Geophys. Res. 84.A9: 5373-5377, 1979.
- [5] MEYER - VERNET et al., J. Geophys. Res., 94.A3: 2405-2415, 1989.